第 37 卷第 13 期　　生　态　学　报　　Vol.37,No.13
2017 年 7 月　　ACTA ECOLOGICA SINICA　　Jul.,2017

DOI: 10.5846/stxb201603140453
燕守广,张慧,李海东,唐欢欢.江苏省陆地和生态红线区域生态系统服务价值.生态学报,2017,37(13):4511-4518.
Yan S G, Zhang H, Li H D, Tang H H.Ecosystem service values of the entire land area and ecological redlines in Jiangsu Province.Acta Ecologica Sinica, 2017,37(13):4511-4518.

江苏省陆地和生态红线区域生态系统服务价值

燕守广[1,2],张　慧[2,*],李海东[2],唐欢欢[3]
1 南京林业大学生物与环境学院, 南京　210037
2 环境保护部南京环境科学研究所, 南京　210042
3 南京信息工程大学地理与遥感学院,南京　210044

摘要:生态红线是最为关键的生态保护区域边界,是生态安全的底线。以 2013 年江苏省划定的生态红线区域为研究对象,在土地利用现状分析的基础上,对生态系统服务价值进行了评价。结果显示:江苏省陆域生态红线区域的生态系统服务价值为 564.15亿元/a,占全省陆地生态系统服务总价值的 48.69%,其中水体的生态系统服务价值最大,占生态红线区域的比例高达 78.34%;生态红线区域的土地平均生态系统服务单位面积价值为 2.47 万元/ hm^2,是全省平均的 2.18 倍,其中湿地最高,生态系统服务单位面积价值达 5.55 万元/ hm^2,是全省平均的 4.89 倍,其次是水体、林地和草地;在已划定的生态红线区域中,各类生态系统占全省相应土地类型的面积比例排序与生态系统的单位面积价值排序完全一致,显示出生态系统类型的单位面积价值越大,受保护的程度越高。

关键词:生态红线;生态系统服务价值;土地利用;江苏省

Ecosystem service values of the entire land area and ecological redlines in Jiangsu Province

YAN Shouguang[1,2], ZHANG Hui[2,*], LI Haidong[2], TANG Huanhuan[3]
1 *College of Biology and the Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing* 210037,*China*
2 *Nanjing institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing* 210042,*China*
3 *School of Geography and Remote Sensing, Nanjing University of Information Science & Technology Nanjing* 210044,*China*

Abstract: Ecological redlines are the most important boundaries in the ecological protection zones, and the baseline of the ecological security of a nation or a region. The delineation of the redlines embodies the policy guidance to implement ecological protection forcibly and strictly. Based on the status quo of land use, we evaluated the ecosystem services of the ecological redlines of Jiangsu Province, which were delineated in 2013. The results showed that: (1) The ecosystem service value of the ecological redlines was 5.64×10^{10} RMB/a, accounting for 48.69% of the ecosystem service value of the entire land area of Jiangsu Province. (2) Water was the most important type of land use in Jiangsu Province. The ecosystem services value of water in the ecological redlines accounted for 78.34% of the ecosystem services values of all ecological redlines. (3) The per unit area value of ecosystem services of ecological redlines was 2.47×10^4 RMB/hm^2, which was 2.18-fold that of the entire land area. The per unit area value of ecosystem services of wetland was the highest, and it was 4.89-fold that of the entire land area. Water was followed by forestland, and grassland in descending order. (4) In the order of magnitude, the ecosystems that accounted for its area in the entire province were wetlands, waters, forest, and grassland. The results were in accordance with the per unit area value of ecosystem services. This indicates that the greater the per unit

基金项目:江苏省省级环保科技项目(2014036)
收稿日期:2016-03-14;　　**网络出版日期**:2017-02-23
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: zhnies@ 126.com

area value of ecosystem services, the higher the level of protection achieved.

Key Words: ecological redlines; ecosystem services value; land use; Jiangsu Province

面对日益严峻的环境形势,为加强生态保护,保障国家和区域生态安全,2011 年,我国首次提出了"划定生态红线"的重要战略任务。这是我国生态环境保护工作的一项制度创新,是优化国土空间开发,构建科学合理生态安全格局的基础。划定生态红线,体现了我国以强制性手段实施严格生态保护的政策导向,是改革生态环境保护管理体制,推进生态文明建设的重要举措[1-3]。

生态红线是最为关键的生态保护区域边界,是生态保护的最小面积和生态安全的底线[4]。2013 年,在对生态环境现状评估、生态系统服务功能重要性评估和生态环境敏感性评估的基础上[5],江苏省率先在全国划定生态红线,确保了具有重要生态功能的区域、生态脆弱区和敏感区以及关键物种得到有效保护,对于预防和控制各种不合理的开发建设活动对生态功能的破坏,构建生态安全格局,促进可持续发展具有重要意义。

本文以江苏省划定的陆域生态红线区域为研究对象,通过对全省陆地和生态红线区域的土地利用状况分析以及生态系统服务价值评价,研究了不同生态系统类型的重要性与生态红线区域的关系,探讨了生态系统服务价值的评价方法以及生态红线的最小保护面积和生态安全底线问题,以期为生态红线的划定和生态系统服务价值评价研究提供参考。

1 研究方法与数据来源

1.1 生态系统服务价值评价

开展生态系统服务的价值研究,能够识别具有重要生态功能的区域,掌握生态系统所发挥的各种生态功能,区分生态系统因区域差异而形成的不同生态价值体系。多年来,人们通过探索不同的评价方法,对自然资本和生态资产进行评估,并取得了一些重要的研究成果[6-13]。但人类对自然生态系统过程机理了解还不充分,对生态系统服务与自然资本价值还缺乏足够的认识,从而使生态系统服务价值评价引起广泛争议[14-15]。生态系统服务价值评价被指存在诸多不足,比如过多依赖假设,片面以及基本停留在静态层面等[16-18]。然而,鉴于生态系统服务价值评价在提高人类认识生态系统、改善人类福利方面具有的重要意义,仍然是当前研究的热点问题。

目前,生态系统服务价值核算大致分为两类:功能价值法和当量因子法,功能价值法即基于生态系统服务功能量的多少和功能量的单位价格得到总价值;当量因子法是在区分不同种类生态系统服务功能的基础上,基于可量化的标准构建不同类型生态系统各种服务功能的价值当量,然后结合生态系统的分布面积进行评估[19]。功能价值法的优点是对生态系统的服务价值进行分类,运用较为成熟的模型对各种价值进行计算,兼顾了区域差异与时效性,具有更好的参考价值。但存在的不足是涉及的模型和参数众多,数据信息量大,计算过程复杂,特别是针对同一种价值计算方法多样,采用不同的方法获得的结果可能相差较大。当量因子法的优点是借用已有的价值当量数据,并通过一定的方法进行单位价值系数修正,计算相对简便,具有横向可比性。但存在的不足是单位价值系数修正能否准确反映出生态系统的区域差异,存在较大的困难。

综合各方面因素及江苏省土地利用特点,本文采用当量因子法对江苏省生态系统服务价值进行核算。生态系统服务价值评价公式如下:

$$\mathrm{ESV} = \sum A_i \times VC_i \tag{1}$$

式中,ESV 为生态系统服务价值,A_i为研究区第 i 种土地利用类型的分布面积,VC_i为第 i 种土地利用类型的单位面积生态系统服务价值,i 分为林地、草地、农田、湿地和水体 5 种类型。土地利用数据来自 2010 年(生长季、非生长季)的 Landsat TM/ETM、HJ CCD 遥感数据,空间分辨率为 30m。

1.2 价值修正

由于生态系统所处的区位不同和自身的差异,其所产生的生态系统服务价值会有差别[10]。为此需要分

析生态系统质量状况的生态参数,利用获得的生态参数调整单位面积价值量,以便准确地反映出生态系统服务的价值差异情况。2003 年,谢高地在 Costanza 对全球生态资产评估的基础上,制定出我国生态系统生态服务价值当量因子表[10],同时,指出生态系统的生态服务功能大小与该生态系统的生物量有密切关系,通过生物量参数进行订正以反映出生态系统服务价值的区域差异,这一方法被广泛采纳和引用[20-24]。

考虑到生物量并不能完全反映生态系统的生态服务功能,以及大尺度区域生物量数据难以精确获得等,本文在谢高地提出的我国生态系统生态服务价值当量数据基础上,采用潘耀忠 2004 年对中国陆地生态系统生态资产遥感定量测量中使用的价值系数调整方法[20],即采用净初级生产力和植被覆盖度两个参数对生态系统服务价值进行修正,以便更加准确地获得生态系统服务价值评价结果。

生态系统服务价值调整系数计算公式:

$$R_{ij} = \left[\frac{NPP_j}{NPP_{mean}} + \frac{f_j}{f_{mean}}\right] / 2 \tag{2}$$

式中,NPP_{mean}和f_{mean}分别为区域内该生态系统植被净初级生产力的均值和植被覆盖度的均值;NPP_j和f_j为j象元的植被净初级生产力(NPP)和植被覆盖度(f_v)。

其中,NPP 的计算基于 CASA 光能利用率模型。其估算公式如下:

$$NPP(x,t) = APAR(x,t) \times \varepsilon(x,t) \tag{3}$$

式中,$APAR(x,t)$表示像元x在t月吸收的光合有效辐射(g C m^{-2} $month^{-1}$),$\varepsilon(x,t)$表示像元x在t月的实际光能利用率(g C/MJ)。APAR 估算:APAR 的值由植被所能吸收的太阳有效辐射和植被对入射光合有效辐射的吸收比例来确定;光能利用率ε的估算:光能利用率是在一定时期单位面积上生产的干物质中所包含的化学潜能与同一时间投射到该面积上的光合有效辐射能之比。

植被覆盖度(f_v)计算公式如下:

$$f_v = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \tag{4}$$

式中,归一化植被指数(NDVI)数据采用美国地质勘探局(United States Geological Survey, USGS)提供的 250m 空间分辨率 MODIS NDVI MOD13Q1 数据,其时间分辨率为 16d。经过投影坐标系转换,空间重采样等数据处理,得到与土地利用一致的空间分辨率 30m 数据。

2　生态红线区域与土地利用状况分析

2.1　江苏省陆域生态红线区域概况

依据江苏省自然地理特征和生态保护需求,按照对主导生态功能的保护,以自然生态系统的完整性、生态系统服务功能的一致性和生态空间的连续性为基准[5],全省共划定 15 类生态红线区域,总面积 241.03 万 hm^2。其中陆域生态红线区域面积 228.39 万 hm^2,占全省陆地国土面积的 22.23%。生态红线区域按照管控级别又分为两大类:一级管控区和二级管控区。陆域生态红线区域中一级管控区面积 3108.43km^2,二级管控区面积 19731.15km^2,分别占国土面积的 3.03%和 19.2%。

2.2　土地利用状况分析

按照土地利用分类系统,将江苏省土地利用类型分为林地、草地、农田、湿地、水体、人工表面和其它 7 种类型。在生态系统服务价值评价中,只计算前 5 种类型,不计人工表面的生态系统服务价值,把其它用地划为草地进行计算。

根据遥感解译的 2010 年江苏省土地利用数据分析,农田面积分布最大,占全省国土面积的比例达 56.18%。另外,江苏省水系发达、河湖密布,水体在全省面积居次,境内主要水系为长江、淮河和沂沭泗 3 大水系,分布有太湖、洪泽湖、骆马湖、高邮湖等重要湖泊,水体面积占国土面积的 15.51%。林地面积占 3.55%,湿地和草地面积占比则比较小,分别为 0.78%和 0.24%。

表 1 江苏省土地利用分类

Table 1 Classification of land use in Jiangsu Province

序号 Serial number	分类 Classification	主要用地类型 Land use type
1	林地	常绿阔叶林、落叶阔叶林、常绿针叶林、针阔混交林、灌木林
2	草地	草丛、草本绿地
3	农田	水田、旱地
4	湿地	草本湿地
5	水体	湖泊、河流、水库、坑塘、运河、水渠
6	人工表面*	居住地、工业用地、交通用地、采矿场
7	其它**	裸土、裸岩等

*不计人工表面的生态系统服务价值; **在计算时这一部分归为草地类型

从江苏省已划定的陆域生态红线区域看,水体的面积最大,共有 108.6 万 hm^2,占红线区总面积的 47.57%;其次是农田,有约 66.1 万 hm^2的农田被划入生态红线区域,占红线区总面积的 28.93%;林地面积共 21 万 hm^2,占红线区总面积的 9.19%;湿地面积 5.6 万 hm^2,占红线区总面积的 2.46%;草地面积 1.1 万 hm^2,占红线区总面积的 0.47%;另外,尚有 26 万 hm^2的人工表面被划入生红线区域,占红线区总面积的 11.38%。

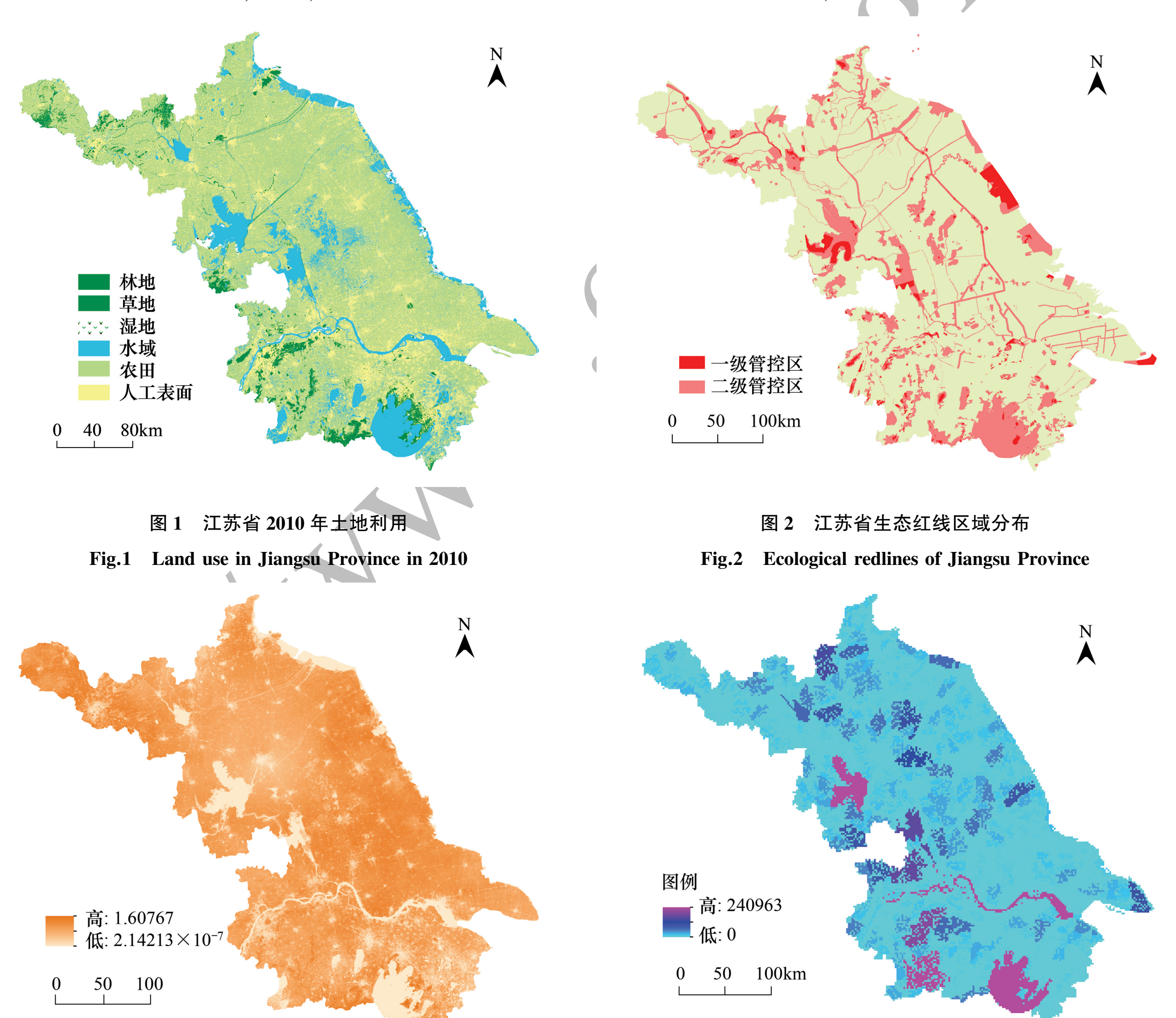


图 1 江苏省 2010 年土地利用

Fig.1 Land use in Jiangsu Province in 2010

图 2 江苏省生态红线区域分布

Fig.2 Ecological redlines of Jiangsu Province

图 3 生态系统服务价值调整系数

Fig.3 Correction coefficient of ecosystem services value

图 4 生态系统服务价值评价结果

Fig.4 Spatial distribution of ecosystem services values

表 2 江苏省陆地生态系统服务价值

Table 2 Ecosystem services values of terrestrial ecosystems in Jiangsu Province

分类 Classification	单位面积价值 Unit area value/(元/hm²)	调整系数 Correction coefficient	面积 Area		生态系统服务价值 Ecosystem services value	
			面积 Area/hm²	面积比例 Area proportion/%	总价值 Total value/(10^8元)	价值比例 Value proportion/%
林地 Forestry	19334	1.11	362504.46	3.55	77.98	6.73
草地 Grassland	6406.5	0.92	24872.74	0.24	1.46	0.13
农田 Farmland	6114.3	1.11	5741553.26	56.18	390.36	33.69
湿地 Wetland	55489	1	79358.59	0.78	44.04	3.8
水体 Waters	40676.4	1	1585362.79	15.51	644.87	55.65
人工表面 Cconstruction land	0	—	2426620.52	23.74	0	0
合计 Total	—	—	10220272.36	100	1158.71	100

表 3 江苏省陆域生态红线区域生态系统服务价值

Table 3 Ecosystem services values of Ecological redlines in Jiangsu Province

分类 Classification	单位面积价值 Unit area value/(元/hm²)	调整系数 Correction coefficient	面积 Area		生态系统服务价值 Ecosystem services value	
			面积 Area/hm²	面积比例 Area proportion/%	总价值 Total value/10^8元	价值比例 Value proportion/%
林地	19334	1.16	209956.02	9.19	47.15	8.36
草地	6406.5	0.89	10707.01	0.47	0.61	0.11
农田	6114.3	1.07	660680.77	28.93	43.26	7.67
湿地	55489	1	56193.75	2.46	31.18	5.53
水体	40676.4	1	1086482.29	47.57	441.94	78.34
人工表面	0	—	259938.18	11.38	0	0
合计	—	—	2283958.02	100	564.15	100

3 生态系统服务价值评价结果分析

3.1 生态系统服务价值评价结果

(1)江苏省陆地生态系统服务价值

根据生态系统服务价值评价结果,江苏省陆地生态系统服务总价值为 1158.71 亿元/a。其中,水体生态系统服务价值最大,虽然面积仅占国土总面积的 15.51%,但生态系统服务价值却占到了总价值的 55.65%;农田面积虽大,但因农田的单位面积价值最小,生态系统服务价值居于次位,占总价值的 33.69%;由于林地面积较小,生态系统服务价值占总价值的 6.73%;湿地生态系统服务单位面积的价值虽高,但因面积很小,生态系统服务价值占总价值的 3.8%;草地面积最少,生态系统服务价值占比仅为 0.13%。

(2)生态红线区域的生态系统服务价值

全省已划定陆域生态红线区域的生态系统服务价值为 564.15 亿元/a。其中水体的价值远远超出其它类型,根据对陆域生态红线区域的土地利用分析,水体面积占生态红线区域总面积的比例达 47.57%,其生态系统服务价值占总价值的比例更是高达 78.34%;其次是林地的价值,林地面积占生态红线区域总面积的9.19%,生态系统服务价值占总价值的 8.36%;由于划入生态红线区域的农田面积较大,占生态红线区域总面积的 28.93%,其生态系统服务价值占总价值的比例为 7.67%,居第三位;湿地面积占生态红线区域总面积的 2.46%,生态系统服务价值占总价值的 5.53%;草地的面积很小,占生态红线区域总面积的 0.47%,其生态系统服务价值仅占总价值的 0.11%。

从上述结果来看,无论是在全省范围内还是在生态红线区域内,水体的生态系统服务价值占比都是最大的,而在生态红线区域内,水体的面积占比更大,价值占比也更高。由于农田是被动划入生态红线区域中的,在生态红线区域中的价值占比低于林地。相反,林地的生态系统服务功能更加重要,在生态红线区域中的价值占比有所上升。湿地的生态系统服务价值占比有所提升,而草地变化不明显。

3.2 结果分析

从总价值来看,全省陆地生态系统服务总价值 1158.71 亿元/a,其中生态红线区域的生态系统服务价值为 564.15 亿元/a,占全省陆地总价值的 48.69%。而在江苏省 1022.03 万 hm^2 土地总面积中,划入生态红线区域的面积为 228.39 万 hm^2,仅占国土面积的 22.23%。即在占国土面积不足 1/4 的土地上,创造了全省陆地近一半的生态系统服务价值,充分说明了生态红线区域生态功能的重要性。

从单位面积价值来看,全省土地平均生态系统服务单位面积价值为 1.13 万元/ hm^2,而划入生态红线区域的土地平均生态系统服务单位面积价值为 2.47 万元/ hm^2,是全省土地平均的 2.18 倍。因无法避免,有相当一部分农田和人工表面被划入生态红线区域。如果不考虑这些被动划入的农田和人工表面,仅计算林地、草地、湿地和水体,划入生态红线区域的上述生态系统面积为 136.3 万 hm^2,占全省国土面积的 13.34%,但其生态系统服务价值达到了 520.88 亿元/a,占到全省生态系统服务总价值的 44.95%,单位面积价值为 3.82 万元/ hm^2,是全省土地平均的 3.37 倍。而这其中,湿地和水体的生态系统服务单位面积价值更高,分别达 5.55 万元/ hm^2和 4.07 万元/ hm^2,是全省土地平均的 4.89 和 3.59 倍,林地的生态系统服务单位面积价值为 2.25 万元/ hm^2,是全省平均的 1.98 倍。

由此可以看出,在江苏省各类生态系统中,湿地的总面积虽小,但其单位面积生态系统服务价值最高,生态系统的功能十分重要,因而对湿地的保护特别重视,全省 70.81%的湿地被划入生态红线区域,在所有类型中,比例也是最高的。

其次是水体,江苏省境内众多的湖泊、河流承担着重要的生物多样性保护、水文调蓄、环境净化等功能,依托其较高的单位面积生态系统服务价值和较大面积,水体总的生态系统服务价值远超其它类型,是江苏省最重要的生态系统类型,对水体的保护显得尤为重要,全省 68.53%的水体都受到了保护。

表 4 不同类型土地面积与生态系统服务价值对比

Table 4 Comparison of area and ecosystem services values of various ecosystems

类型 Classification	面积 Area/hm^2	占全省相应土地类型比例 Proportion of corresponding land use/%	价值 Value/10^8元	修正后的单位面积价值 Modified unit area value/(元/hm^2)	单位面积价值与全省平均对比 Comparison of unit area value and average value
林地	209956.02	57.92	47.15	22458.37	1.98
草地	10707.01	43.05	0.61	5705.46	0.5
农田	660680.77	11.51	43.26	6547.76	0.58
湿地	56193.75	70.81	31.18	55489	4.89
水体	1086482.29	68.53	441.94	40676.4	3.59
人工表面	259938.18	10.71	0	0	0
合计	2283958.0	—	564.15	24700.39	2.18

再次是林地,江苏省的林地面积较低,且分布不均,主要分布在苏北和西南丘陵山地,主要生态功能有水源涵养、水土保持、气候调节、环境净化等,全省 57.92%的林地划入生态红线区域,也是比较重要的类型。

草地的单位面积生态系统服务价值较低,而且由于江苏的草地面积极少,分布零散,总的生态系统服务价值很低,全省约有 43.05%的草地划入生态红线区域。

按照生态红线的保护理念,农田和人工表面并不在生态红线划定范围,但为保障生态系统完整性和连通性,同时,考虑区域行政边界和管理需要等诸多因素,一些生态系统服务价值不高的区域,也不可避免被划入

生态红线范围。全省共有 11.51%的农田和 10.71%的人工表面划入生态红线区域。

根据已划定的生态红线区域面积统计,若不计农田和人工表面,各类生态系统占全省相应土地类型的面积比例排序为:湿地>水体>林地>草地,这与其单位面积价值的排序是完全一致的。这表明,在江苏省生态红线区域划分中,生态系统类型的单位面积价值越大,受到保护的程度就越高。

4　讨论

(1)生态系统服务价值评价及价值修正

因具有良好的横向对比结果和可操作性,当量因子法是目前比较常用的生态系统服务价值评价方法。这一方法最重要的是对生态系统类型的分类及其单位面积价值当量的选取,特别适宜对大尺度区域的生态系统服务价值评价[19]。由于同一种生态系统类型在不同区域存在结构和质量状况的差异,其生态系统服务价值存在明显差别,为此,不少文献在生态系统服务价值评价时都考虑了这一差异,且大多通过生态系统的生物量作为调整系数对生态系统服务价值进行修正[21-24]。事实上,生态系统服务价值与生态系统的组成、结构、质量等密切相关,与所处的区位也有很大关系。本文考虑了净初级生产力和植被覆盖度两个因素,对江苏全省及生态红线区域的生态系统服务价值进行了修正,价值系数调整对于林地、草地和农田具有良好效果,但这仍难以精确反映出生态系统服务价值的区域差异。另外,无论是通过生物量、还是净初级生产力和植被覆盖度对生态系统的价值进行修正,这些参数对湿地和水体都不适用,这有待于进一步研究。本文所采用的研究方法虽有上述不足,但并没有影响研究的结论。

(2)生态保护的最小面积与生态安全底线

根据评价结果,江苏省生态红线区域占国土面积的比例为 22.23%,创造了 48.69%的生态系统服务价值,重要性不言而喻。但这一面积比例是否确保江苏省生态安全的最小面积比例? 而确保了 48.69%的生态系统服务价值是否就确保了江苏省生态安全的底线? 又如何确定这一底线? 生态红线区域是生态保护的最小面积,是生态安全的底线,这应从两个层面进行理解,一是生态红线的面积占比,这一比例就是区域生态安全处于临界点时的比例,即生态安全阈值,这是由区域的自然环境特征所决定的,因受各种生态因子相互作用而极其复杂[25-27]。二是生态红线范围的限定性,生态红线区域内的生态系统拥有重要且独特的生态功能和价值,具有不可复制性和不可替代性,一旦破坏,其它任何生态系统都无法弥补,这就决定了生态红线区域的范围是限定的,不可替代。鉴于生态安全底线的复杂性,本文仅从生态系统服务价值的角度,尚不能做出判定,今后需要进一步的研究,探讨生态保护的最小面积和生态安全的底线及其决定因素。

另外,从生态保护的角度,受保护土地面积越大,生态系统越能得到更好地保护,生态环境可能受到的威胁越小,生态安全能够得到更好地保障。但是,把所有的湿地、林地、水体、草地等全部划为生态红线是不现实的,这与生态红线的严格标准和生态安全的底线理念不相符。而根据生态红线划定技术要求,仅把极重要区或极敏感区简单勾绘出来,也是不科学的,因为这些区域可能是不连续的、零散分布的,但却可能属于同一生态系统或存在于同一景观格局。根据狭义的生态安全概念,生态安全是指生态系统完整性和健康的整体水平反映[28],这充分表明,生态系统完整性对于生态安全的重要性。因此,一些次重要区或不敏感区生态系统服务价值虽然不高,但却维护了生态系统的完整性,同样是生态安全底线的重要组成部分。

5　结论

(1)江苏省陆域生态红线区域的生态系统服务价值为 564.15 亿元/a,占全省陆地生态系统服务总价值的 48.69%。其中水体的价值远超其它类型,占红线区域生态系统服务价值的比例达 78.34%;其次是林地、农田、湿地和草地,占比分别为 8.36%、7.67%、5.53%和 0.11%。

(2)生态红线区域平均生态系统服务单位面积价值为 2.47 万元/ hm^2,是全省土地平均单位面积价值的 2.18 倍。其中湿地最高,生态系统服务单位面积价值达 5.55 万元/ hm^2,是全省平均的 4.89 倍。在已划定的

生态红线区域中,各类生态系统占全省相应土地类型的面积比例排序与生态系统的单位面积价值排序完全一致,显示出生态系统类型的单位面积价值越大,受保护的程度越高。

(3)生态红线区域内的生态系统拥有重要且独特的生态功能和价值,其范围是限定的,而生态安全阈值因受各种生态因子的相互作用,使得生态安全底线的确定十分复杂。生态系统完整性对于生态安全十分重要,在生态红线区域划分中,保持生态系统的完整性是首要考虑因素。

参考文献(References):

[1] 高吉喜, 邹长新, 郑好. 推进生态保护红线落地保障生态文明制度建设. 环境保护, 2015, 43(11): 26-29.
[2] 杨邦杰, 高吉喜, 邹长新. 划定生态保护红线的战略意义. 中国发展, 2014, 14(1): 1-4.
[3] 高吉喜. 国家生态保护红线体系建设构想. 环境保护, 2014, (Z1): 18-21.
[4] 邹长新, 王丽霞, 刘军会. 论生态保护红线的类型划分与管控. 生物多样性, 2015, 23(6): 716-724.
[5] 燕守广, 林乃峰, 沈渭寿. 江苏省生态红线区域划分与保护. 生态与农村环境学报, 2014, 30(3): 294-299.
[6] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
[7] Daily G C, Söderqvist T, Aniyar S, Arrow K, Dasgupta P, Ehrlich P R, Folke C, Jansson A M, Jansson B O, Kautsky N, Levin S, Lubchenco J, Mäler K G, Simpson D, Starrett D, Tilman D, Walker B. The value of nature and the nature of value. Science, 2000, 289(5478): 395-396.
[8] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. 2nd ed. Washington DC: Island Press, 2005.
[9] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
[10] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
[11] 赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 魏彦昌. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价. 自然资源学报, 2003, 18(4): 443-452.
[12] 傅伯杰, 周国逸, 白永飞, 宋长春, 刘纪远, 张惠远, 吕一河, 郑华, 谢高地. 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全. 地球科学进展, 2009, 24(6): 571-576.
[13] 宗跃光, 周尚意, 温良, 郭瑞华, 张振世, 徐宏彦, 陈红春. 区域生态系统可持续发展的生态价值评价——以宁夏灵武市为例. 生态学报, 2002, 22(10): 1573-1580.
[14] 杨光梅, 李文华, 闵庆文. 生态系统服务价值评估研究进展——国外学者观点. 生态学报, 2006, 26(1): 205-212.
[15] 虞依娜, 彭少麟. 生态系统服务价值评估的研究进展. 生态环境学报, 2010, 19(9): 2246-2252.
[16] Costanza R, Stern D, Fisher B, He L N, Ma C B. Influential publications in ecological economics: a citation analysis. Ecological Economics, 2004, 50(3/4): 261-292.
[17] Heal G. Valuing ecosystem services. Ecosystems, 2000, 3(1): 24-30.
[18] El Serafy S. Pricing the invaluable: the value of the world's ecosystem services and natural capital. Ecological Economics, 1998, 25(1): 25-27.
[19] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 陈文辉, 李士美. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
[20] 潘耀忠, 史培军, 朱文泉, 顾晓鹤, 范一大, 李京. 中国陆地生态系统生态资产遥感定量测量. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2004, 34(4): 375-384.
[21] 石垚, 王如松, 黄锦楼, 阳文锐. 中国陆地生态系统服务功能的时空变化分析. 科学通报, 2012, 57(9): 720-731.
[22] 陈阳, 张建军, 杜国明, 付梅臣, 刘凌露. 三江平原北部生态系统服务价值的时空演变. 生态学报, 2015, 35(18): 6157-6164.
[23] 李博, 石培基, 金淑婷, 魏伟, 周俊菊. 石羊河流域生态系统服务价值的空间异质性及其计量. 中国沙漠, 2013, 33(3): 943-951.
[24] 彭文甫, 周介铭, 杨存建, 赵景峰, 罗怀良. 基于土地利用变化的四川省生态系统服务价值研究. 长江流域资源与环境, 2014, 23(7): 1011-1020.
[25] 柳新伟, 周厚诚, 李萍, 彭少麟. 生态系统稳定性定义剖析. 生态学报, 2004, 24(11): 2635-2640.
[26] 赵慧霞, 吴绍洪, 姜鲁光. 生态阈值研究进展. 生态学报, 2007, 27(1): 338-345.
[27] 陈星, 周成虎. 生态安全: 国内外研究综述. 地理科学进展, 2005, 24(6): 8-20.
[28] 肖笃宁, 陈文波, 郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容. 应用生态学报, 2002, 13(3): 354-358.